

503P1326  
US

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 1 月 1 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 3 3 8 0 1  
Application Number:

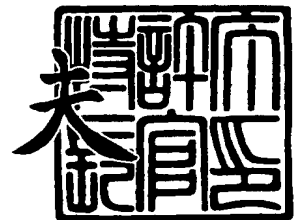
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 3 3 8 0 1 ]

出 願 人                      ソニー株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月 1 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 4 3 8 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290670603

【提出日】 平成14年11月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11C 11/15  
H01L 43/08

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 大森 広之

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100122884

【弁理士】

【氏名又は名称】 角田 芳末

【電話番号】 03-3343-5821

【選任した代理人】

【識別番号】 100113516

【弁理士】

【氏名又は名称】 磯山 弘信

【電話番号】 03-3343-5821

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 176420

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206460

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記憶素子及びその記録方法、並びに磁気記憶装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁化状態を情報として保持する記憶層、非磁性層、並びに磁化の向きが固定された磁化固定層が積層されて成り、

上記記憶層は、遷移金属を主成分とする第 1 の磁性層と、希土類金属を主成分とする第 2 の磁性層とが直接積層されて構成され、室温状態において上記第 1 の磁性層の磁化の量が上記第 2 の磁性層の磁化の量よりも小さい

ことを特徴とする磁気記憶素子。

【請求項 2】 上記記憶層を構成する上記第 1 の磁性層及び上記第 2 の磁性層のうち、上記第 1 の磁性層が上記磁化固定層に近い側に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記憶素子。

【請求項 3】 磁化状態を情報として保持する記憶層、非磁性層、並びに磁化の向きが固定された磁化固定層が積層されて成り、

上記記憶層は、遷移金属を主成分とする第 1 の磁性層と、希土類金属を主成分とする第 2 の磁性層とが直接積層されて構成され、室温状態において上記第 1 の磁性層の磁化の量が上記第 2 の磁性層の磁化の量よりも小さい磁気記憶素子に対して、

上記記憶層を加熱すると共に、該記憶層に磁界を印加して、該記憶層に一方の向きの磁化状態を記録し、

上記記憶層を加熱して上記第 1 の磁性層及び上記磁化固定層に磁気結合を作用させて、該記憶層に他方の向きの磁化状態を記録する

ことを特徴とする磁気記憶素子の記録方法。

【請求項 4】 磁化状態を情報として保持する記憶層、非磁性層、磁化の向きが固定された磁化固定層が積層されて成り、該記憶層が遷移金属を主成分とする第 1 の磁性層と希土類金属を主成分とする第 2 の磁性層とが直接積層されて構成され、室温状態において上記第 1 の磁性層の磁化の量が上記第 2 の磁性層の磁化の量よりも小さい磁気記憶素子と、

上記記憶層と上記磁化固定層との相対磁化を電気抵抗の変化により読み出す手

段と、

上記記憶層に対して、一方の向きの電流磁界を印加する配線と、

上記記憶層を加熱する加熱手段とを備えた

ことを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項 5】 上記配線は、上記記憶層に電氣的に接続され、上記加熱手段を兼ねることを特徴とする請求項 4 に記載の磁気記憶装置。

【請求項 6】 磁気記憶素子に対して、上記配線の他にさらに第 2 の配線が設けられ、該配線及び該第 2 の配線により上記加熱手段が構成されることを特徴とする請求項 5 に記載の磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、不揮発性メモリに用いて好適な磁気記憶素子及びその記録方法、並びに磁気記憶素子を用いて構成された磁気記憶装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

コンピュータ等の情報機器においては、ランダム・アクセス・メモリとして、動作が高速で、高密度の D R A M が広く使用されている。

しかし、D R A M は電源を切ると情報が消えてしまう揮発性メモリであるため、情報が消えない不揮発のメモリが望まれている。

【0 0 0 3】

そして、不揮発メモリとして、磁性体の磁化状態により情報を記録する磁気記憶素子を用いた磁気ランダム・アクセス・メモリ（M R A M）の開発が進められている（例えば非特許文献 1 参照）。

【0 0 0 4】

【非特許文献 1】

日経エレクトロニクス 2 0 0 1 . 2 . 1 2 号（第 1 6 4 頁－1 7 1 頁）

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】

今後、MRAMにおいても、記憶容量を増加したり、装置を小型化したりするために、高密度化を図る必要があり、これによりメモリセルを構成する磁気記憶素子のさらなる縮小化が求められる。

#### 【0006】

MRAMに用いられる磁気記憶素子では、磁性体の形状を長方形や楕円にすることにより発生する反磁界を用いて磁化を安定化している。

磁性体は、寸法の縮小化に従って保磁力が増加する傾向を有し、MRAMに用いられる磁気記憶素子においても、縮小化に伴い保磁力が増加していく。

#### 【0007】

この磁気記憶素子の縮小化に伴う保磁力の増加に対応して、記録時においてより大きい磁界を印加する必要が生じる。

そして、MRAMでは、ワード線やビット線に流す電流（記録電流）により磁界を発生させて磁気記憶素子に記録を行っていることから、大きな記録電流が必要となる。

このため、磁気記憶素子を縮小化して素子の数を多くすることによりMRAMの記憶容量を大きくしようとする、MRAMの消費電流が増大してしまう。

従って、MRAMの記憶容量を増加するためには、磁気記憶素子の保磁力を低減して、記録電流を低減することが望まれる。

#### 【0008】

一方、磁気記憶素子を縮小化したときに、記録した情報を安定に保持するためには、ある程度の大きさの保磁力が必要になる。

従って、磁気記憶素子を縮小化したときには、保磁力を低減して記録電流を低減することと、記録した情報を安定に保持するためにある程度の保磁力を有することという、相反する条件を満たす必要がある。

#### 【0009】

さらに、MRAMでは、ワード線やビット線に流す電流から発生する磁界を利用して、この磁界の向きにより磁気記憶素子の記憶層の磁化の向きを変えて情報を記録している。このため、記憶層の磁化の向きを変えるために、電流の向きを切り替える必要がある。

このことから、ワード線やビット線の両端に供給する電位の組み合わせが多くなり、駆動回路が複雑になるため、高記録密度化する上で障害となるという問題もある。

#### 【0010】

上述した問題の解決のために、本発明においては、小さい磁界で記録することができ、情報を安定して保持することができる磁気記憶素子及びその記録方法、並びにこの磁気記憶素子を備えて小さい記録電流で記録することができ、安定して情報を記憶することができると共に、駆動回路を簡略化することができる磁気記憶装置を提供するものである。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の磁気記憶素子は、磁化状態を情報として保持する記憶層、非磁性層、並びに磁化の向きが固定された磁化固定層が積層されて成り、記憶層が遷移金属を主成分とする第1の磁性層と希土類金属を主成分とする第2の磁性層とが直接積層されて構成され、室温状態において第1の磁性層の磁化の量が第2の磁性層の磁化の量よりも小さいものである。

#### 【0012】

また、上記本発明の磁気記憶素子において、記憶層を構成する第1の磁性層及び第2の磁性層のうち、第1の磁性層が磁化固定層に近い側に配置されている構成とするを可とする。

#### 【0013】

本発明の磁気記憶素子の記録方法は、磁化状態を情報として保持する記憶層、非磁性層、並びに磁化の向きが固定された磁化固定層が積層されて成り、記憶層が遷移金属を主成分とする第1の磁性層と希土類金属を主成分とする第2の磁性層とが直接積層されて構成され、室温状態において第1の磁性層の磁化の量が第2の磁性層の磁化の量よりも小さい磁気記憶素子に対して、記憶層を加熱すると共に記憶層に磁界を印加することにより記憶層に一方の向きの磁化状態を記録し、記憶層を加熱して第1の磁性層及び磁化固定層に磁気結合を作用させることにより記憶層に他方の向きの磁化状態を記録するものである。

**【0014】**

本発明の磁気記憶装置は、磁化状態を情報として保持する記憶層、非磁性層、磁化の向きが固定された磁化固定層が積層されて成り、記憶層が遷移金属を主成分とする第1の磁性層と希土類金属を主成分とする第2の磁性層とが直接積層されて構成され、室温状態において第1の磁性層の磁化の量が第2の磁性層の磁化の量よりも小さい磁気記憶素子と、記憶層と磁化固定層との相対磁化を電気抵抗の変化により読み出す手段と、記憶層に対して一方の向きの電流磁界を印加する配線と、記憶層を加熱する加熱手段とを備えたものである。

**【0015】**

また、上記本発明の磁気記憶装置において、配線を記憶層に電氣的に接続し、加熱手段を兼ねる構成とするを可とする。

また、上記本発明の磁気記憶装置において、磁気記憶素子に対して配線の他にさらに第2の配線を設け、これら配線及び第2の配線により加熱手段を構成するを可とする。

**【0016】**

上述の本発明の磁気記憶素子の構成によれば、記憶層が遷移金属を主成分とする第1の磁性層と希土類金属を主成分とする第2の磁性層とが直接積層されて構成され、室温状態において第1の磁性層の磁化の量が第2の磁性層の磁化の量よりも小さいため、室温状態においては記憶層全体の磁化の向きが第2の磁性層の磁化の向きと同じになる。そして、記憶層を加熱して温度を上昇させていくと、第2の磁性層の磁化が小さくなって、記憶層全体の磁化が小さくなることから、より小さい磁界で記憶層の磁化を変化させて記録を行うことが可能になる。

また、記憶層、非磁性層、磁化固定層が積層されて磁気記憶素子が構成されていることにより、磁化固定層と記憶層の遷移金属を主成分とする第1の磁性層との間に磁気結合を発生させて、これら磁化固定層の磁化の向きと第1の磁性層の磁化の向きを同じ（平行）に揃えることが可能になる。この磁気結合を作用させるには、記憶層をさらに加熱して温度を上昇させることにより、希土類金属を主成分とする第2の磁性層の磁化をさらに小さくして、記憶層全体の磁化がほとんどない状態、或いは非常に小さい状態とすればよい。

これにより、記憶層に磁界を印加しなくても、これら磁化固定層の磁化の向きと第 1 の磁性層の磁化の向きを同じ（平行）に揃えて、室温状態では記憶層全体の磁化の向きと磁化固定層の磁化の向きとを反平行にすることが可能になる。

#### 【0 0 1 7】

さらに、上記本発明の磁気記憶素子において、記憶層を構成する第 1 の磁性層及び第 2 の磁性層のうち、第 1 の磁性層が磁化固定層に近い側に配置されている構成としたときには、遷移金属を主成分とする第 1 の磁性層の方が磁化固定層に近い側に配置されるため、通常遷移金属を用いて構成される磁化固定層との相互作用を強くすることができ、これらの間に配置された非磁性層を流れる電流を流れやすくして、記憶層の磁化状態の読み出しを容易に行うことができる。

#### 【0 0 1 8】

上述の本発明の磁気記憶素子の記録方法によれば、上述の本発明の磁気記憶素子に対して、記憶層を加熱すると共に記憶層に磁界を印加することにより記憶層に一方の向きの磁化状態を記録し、記憶層を加熱して第 1 の磁性層及び磁化固定層に磁気結合を作用させることにより記憶層に他方の向きの磁化状態を記録することにより、記憶層に他方の向きの磁化状態を記録する際には、記憶層に磁界を印加しなくても加熱と磁気結合の作用とによって記録を行うことができる。

これにより、記憶層に印加する磁界を、記憶層を一方の向きの磁化状態とする方の、一方の向きの磁界だけにすることが可能になる。

#### 【0 0 1 9】

上述の本発明の磁気記憶装置の構成によれば、上述の本発明の磁気記憶素子と、記憶層と磁化固定層との相対磁化を電気抵抗の変化により読み出す手段と、記憶層に対して一方の向きの電流磁界を印加する配線と、記憶層を加熱する加熱手段とを備えたことにより、磁気記憶素子に対して上述した記録方法により記録を行うことが可能である。

即ち加熱手段により記憶層を加熱すると共に配線に電流を流して一方の向きの電流磁界を記憶層に印加して、記憶層に一方の向きの磁化状態を記録することができる。また、加熱手段により記憶層を加熱して第 1 の磁性層及び磁化固定層に磁気結合を作用させることにより、電流磁界を印加する配線に電流を流さなくて

も、記憶層に他方の向きの磁化状態を記録することができる。

#### 【0 0 2 0】

さらに、上記本発明の磁気記憶装置において、配線を記憶層に電氣的に接続し加熱手段を兼ねる構成としたときには、配線から記憶層に電流を流すことができるため、記憶層に効率良く電流磁界を作用させることができる。また、加熱と磁界の印加とを同時に行うことが容易になる。

また、上記本発明の磁気記憶装置において、磁気記憶素子に対して配線の他にさらに第 2 の配線を設け、これら配線及び第 2 の配線により加熱手段を構成したときには、配線及び第 2 の配線を選択することにより任意の磁気記憶素子を選択して記録を行うことができる。また、加熱手段が 2 種類の配線からなるため、これら配線に流す電流の組み合わせにより、加熱の状態を変えることができ、これにより記憶層に記録される磁化状態を変えることも可能になる。

#### 【0 0 2 1】

##### 【発明の実施の形態】

まず、本発明の具体的な実施の形態の説明に先立ち、本発明の概要について説明する。

本発明では、磁化の向きによる記録を保持する記憶層として、遷移金属を主成分とする第 1 の磁性層と希土類金属を主成分とする第 2 の磁性層とを直接積層した磁気記憶素子を構成する。さらに、記憶層に対して、非磁性層（例えばトンネル絶縁層や非金属層）を介して磁化固定層を配置して構成する。

#### 【0 0 2 2】

即ち本発明の磁気記憶素子では、図 3 A に示すように、第 1 の磁性層 1 1 と第 2 の磁性層 1 2 を直接積層して記憶層 1 3 を構成する。

第 1 の磁性層 1 1 が遷移金属（TM）を主成分とし、第 2 の磁性層 1 2 が希土類金属（RE）を主成分としており、これら第 1 の磁性層 1 1 及び第 2 の磁性層 1 2 が直接積層されているため、図 3 A に示すように、第 1 の磁性層 1 1 の遷移金属（TM）の磁気モーメント（磁化）M1 の向きと、第 2 の磁性層 1 2 の希土類金属（RE）の磁気モーメント（磁化）M2 の向きとが互いに反対向き（反平行）になるように結合する。室温状態においてはこの図 3 A に示す状態となって

いる。

さらに、本発明では、室温状態において第1の磁性層11の磁化 $M_1$ の量が第2の磁性層12の磁化 $M_2$ の量よりも小さい構成 ( $M_1 < M_2$ ) とする。

従って、室温状態では、記憶層13全体の磁化 $M$ は、第2の磁性層12の磁化 $M_2$ と同じ向きになっている。

#### 【0023】

第1の磁性層11の遷移金属 (TM) の磁化 $M_1$ の大きさは温度による変化が小さいが、第2の磁性層12の希土類金属 (RE) の磁化 $M_2$ の大きさは温度上昇により減少していく。

従って、この構成の記憶層13に対して、加熱を行って温度を上昇させると、図3Bに示すように、第2の磁性層12の希土類金属 (RE) の磁化 $M_2$ が小さくなっていく。これにより、記憶層13全体の磁化 $M$ が、室温状態よりも小さくなる。

さらに加熱を行って温度を上昇させると、図3Cに示すように、第2の磁性層12の希土類金属 (RE) の磁化 $M_2$ がさらに小さくなって、第1の磁性層11の遷移金属 (TM) の磁化 $M_1$ とほぼ等しくなる ( $M_1 = M_2$ )。これにより、記憶層13全体の磁化 $M$ はほぼ0となる。

さらに加熱を行って温度を上昇させると、図3Dに示すように、第2の磁性層12の希土類金属 (RE) の磁化 $M_2$ がさらに小さくなって、第1の磁性層11の遷移金属 (TM) の磁化 $M_1$ よりも小さくなる ( $M_1 > M_2$ )。これにより、記憶層13全体の磁化 $M$ は、第1の磁性層11の遷移金属 (TM) の磁化 $M_1$ の向きと同じになり、室温状態とは反対の向きになる。

#### 【0024】

なお、室温状態において第1の磁性層11の磁化 $M_1$ が第2の磁性層12の磁化 $M_2$ よりも大きい ( $M_1 > M_2$ ) 構成とすると、記憶層13全体の磁化 $M$ の大きさが加熱による温度上昇に従い増大していくため、加熱しても記憶層13の保磁力を低減できないので好ましくない。

#### 【0025】

そして、図3B～図3Dに示した各状態では、図3Aに示した室温状態と比較

して、記憶層 13 全体の磁化  $M$  が非常に小さくなっており、これにより記憶層 13 全体の保磁力も小さくなっている。

図 3 C に示したように記憶層 13 全体の磁化  $M$  が 0 になった状態、もしくは図 3 B 又は図 3 D の状態よりもさらに図 3 C に近く記憶層 13 全体の磁化  $M$  が非常に小さくなった状態では、形状による磁気異方性及び外部からの磁界の影響がほとんどなくなってしまう、例えば層間の磁気相互作用等の影響が大きくなる。

従って、記憶層 13 全体の保磁力は小さくなっているが、磁化の向きを制御するために必要な磁界の大きさは小さくならない。

#### 【0026】

そこで、本発明では、上述の構成の記憶層 13 に対して、さらに図 4 A に示すように、例えばトンネル絶縁膜 14 或いはその他の非磁性層を介して、磁化固定層 15 を配置して、磁気記憶素子を構成する。

そして、図 3 C に示した記憶層 13 全体の磁化  $M$  がほぼ 0 となる状態、もしくはその近傍の状態即ち記憶層 13 全体の磁化  $M$  が充分小さい状態において、磁化固定層 15 と記憶層 13 との間に磁気相互作用による磁気結合を発生させる。

この磁気結合により、磁界を印加しなくても、図 4 B に示すように記憶層 13 のうち第 1 の磁性層 11 の遷移金属 (TM) の磁化  $M_1$  を、磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きと同じ向き (平行) にすることができる。

この状態から磁気記憶素子を冷却すると、図 4 C に示すように第 1 の磁性層 11 の磁化  $M_1$  は磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きと平行となり、第 2 の磁性層 12 の磁化  $M_2$  は第 1 の磁性層 11 の磁化  $M_1$  及び磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きと反平行となるため、記憶層 13 全体の磁化  $M$  は磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きと反平行となる。

#### 【0027】

さらに、情報を記憶するためには、記憶層 13 全体の磁化  $M$  の向きを磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きとは平行な状態、即ち記憶層 13 の第 1 の磁性層 11 の磁化  $M_1$  の向きを磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きと反平行の状態にもする必要がある。

この状態にするためには、例えば、図 5 D に示すように、温度上昇により記憶

層 13 全体の磁化  $M$  が室温状態より小さくなって保磁力が低下した状態において、図 5 E に示すように磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きと同じの向きの磁界  $H$  を印加することが考えられる。この磁界  $H$  により、図 5 E に示すように、記憶層 13 全体の磁化  $M$  の向きを磁界  $H$  と同じ向きに反転させることができる。ただし、記憶層 13 全体の磁化  $M$  が小さくなりすぎると、前述したように磁界  $H$  の影響を受けにくくなるため、あまり高い温度にしないようにする。

このように記録を行うようにすれば、一方の向きの磁界  $H$  のみで記憶層 13 の磁化  $M$  の向きを、磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きに対して、平行の状態、並びに反平行の状態に変化させて、情報の記録を行うことができる。

#### 【0028】

続いて、本発明の具体的な実施の形態を説明する。

本発明の磁気記憶素子の一実施の形態の概略構成図を図 1 に示す。

この磁気記憶素子 10 は、前述した構成の記憶層 13 と磁化固定層 15 とが、トンネル絶縁膜 14 を挟んで配置されて磁気トンネル接合素子 (MTJ) 16 が構成されている。

この磁気トンネル接合素子 (MTJ) 16 は、図中左右方向が磁性層の磁化容易軸方向になり、紙面に垂直な方向が磁性層の磁化困難軸方向になるように、配置されている。

また、記憶層 13 を加熱するための加熱手段として、抵抗加熱部 21 が記憶層 13 上に配置されている。この抵抗加熱部 21 は、その両端に接続された第 1 の配線 22 に電流を流すことにより発熱するものである。第 1 の配線 22 は、図中左右方向に伸びており、磁気トンネル接合素子 16 の磁性層の磁化容易軸方向と平行になっている。

磁気トンネル接合素子 16 の下方には、紙面に垂直な方向（磁気トンネル接合素子 16 の磁性層の磁化困難軸方向）に伸びる第 2 の配線 23 が配置され、この第 2 の配線 23 により磁気トンネル接合素子 16 に対して、その磁性層の磁化容易軸方向である図中右向き或いは左向きの磁界が印加される。

磁化固定層 15 の下には、磁化を検出するための第 3 の配線 24 が接続されている。図中 25 は、トランジスタ等を搭載した基板を示す。

**【0029】**

さらに図1の磁気記憶素子10において、磁気トンネル接合素子16付近の詳細な断面図を図2に示す。

図2に示すように、記憶層13は、遷移金属(TM)を主成分とする第1の磁性層11上に、希土類金属(RE)を主成分とする第2の磁性層12が直接積層された2層構造となっている。

また、図3Aで説明したと同様に、室温状態において、第1の磁性層11の磁化が第2の磁性層12の磁化よりも小さい構成とされる。

さらに、遷移金属(TM)を主成分とする第1の磁性層11の方が第2の磁性層12よりも磁化固定層15に近い側に配置されているので、トンネル絶縁膜14を通じたトンネル電流量を多くすることができる。

磁化固定層15は、強磁性層17と、強磁性層17の磁化を一方向に固定する反強磁性層18とが積層されて構成されている。

磁化固定層15の下の下地膜19と、記憶層13の上の保護膜20は、図1では図示を省略している。

**【0030】**

記憶層13の第1の磁性層11には、遷移金属、例えばCoFeを使用することができ、第2の磁性層12には、希土類金属、例えばGdを使用することができる。そして、例えば、第1の磁性層11を膜厚2nmのCoFe膜、第2の磁性層12を膜厚5nmのGd膜とした場合には、第2の磁性層12の磁化を第1の磁性層11の磁化より大きくすることができる。

トンネル絶縁膜14には、例えば膜厚0.8nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を使用することができる。

また、磁化固定層15の強磁性層17には、例えば膜厚2nmのCo膜を使用することができ、反強磁性層18には、例えば膜厚20nmのPtMn膜を使用することができる。

下地膜19には、例えば膜厚10nmのTa膜を使用することができ、保護膜には、例えば膜厚5nmのTa膜を使用することができる。

**【0031】**

なお、第2の磁性層12にGdを用いた場合には、Gd単体のキュリー温度が約300K（約30℃）であり、通常の使用温度でキュリー温度を超えて第2の磁性層12の磁化が消失してしまうことが懸念されるが、本実施の形態では、遷移金属からなる第1の磁性層11と直接積層されることにより第2の磁性層12の磁化が安定化して実効的にキュリー温度が上がるため、通常の使用温度で第2の磁性層12の磁化が消失するようなことはない。

#### 【0032】

本実施の形態の磁気記憶素子10では、第1の配線22に電流を流して抵抗加熱部21を発熱させることにより、記憶層13を加熱することができる。

また、第2の配線23に電流を流すことにより、電流磁界を発生させて、この電流磁界を記憶層13に対して印加することができる。この電流磁界により、記憶層13の磁化の向きを磁化固定層15の磁化の向きと平行な状態或いは反平行な状態のいずれかの状態に制御にして、記憶層13に情報を記録することができる。

そして、記録時に、抵抗加熱部21により記憶層13を加熱することにより、図3A及び図3Bに示したように記憶層13全体の磁化Mが室温状態よりも小さくなり、その分小さい電流磁界で情報の記録を行うことができる。

#### 【0033】

図1に示す構成の磁気記憶素子10に対して、通常のMRAMに用いられる磁気記憶素子と同様に、第2の配線23に流す電流の向きを変えることにより電流磁界の向きを変える構成としても、情報を記録することが可能である。しかしながら、このような構成とすると、第2の配線23に両方向の電流を流すために駆動回路が複雑になる。

#### 【0034】

そこで、本実施の形態では、図1に示す構成の磁気記憶素子10において、記憶層13の第1の磁性層（遷移金属層）11と磁化固定層15との磁気結合を利用して、図4Bに示したと同様に第1の磁性層11の磁化M1の向きと磁化固定層15の磁化M3の向きを平行にする。

これにより、第1の磁性層11の磁化M1の向きを磁化固定層15の磁化M3

の向きと平行にすると、即ち図 4 C に示したように記憶層 13 全体の磁化 M の向きを磁化固定層 15 の磁化 M3 の向きと反平行にするときには、磁界の印加が不要になるため、第 2 の配線 23 に電流を流さなくてもよく、第 1 の配線 22 に電流を流して抵抗加熱部 21 により記憶層 13 を加熱するだけですむ。

#### 【0035】

一方、第 1 の磁性層 11 の磁化 M1 の向きを磁化固定層 15 の磁化 M3 の向きと反平行にすると、即ち記憶層 13 全体の磁化 M の向きを磁化固定層 15 の磁化 M3 の向きと平行にするときには、第 1 の配線 22 に電流を流して抵抗加熱部 21 により記憶層 13 を加熱すると共に、第 2 の配線 23 に電流を流して電流磁界を記憶層 13 に印加する。

このとき、第 2 の配線 23 に流す電流の向きは、この電流により発生する電流磁界が、記憶層 13 に対して磁化固定層 15 の磁化 M3 の向きと同じ向きに作用するように設定する。

また、記憶層 13 が電流磁界の影響を受けるようにするために、第 1 の配線 22 に流す電流の電流量等を設定して、記憶層 13 の温度を制御する。

#### 【0036】

本実施の形態では、このようにして、記録時に第 2 の配線 23 に流す電流の向きを一方だけにすることが可能になる。これにより、第 2 の配線 23 の両方の向きに電流を流す場合と比較して、第 2 の配線 23 の両端に供給する電位の組み合わせの数を低減することができ、第 2 の配線 23 に電流を流す駆動回路を簡略化することができる。

#### 【0037】

そして、本実施の形態の磁気記憶素子 10 において、記憶層 13 に記録された磁化情報の検出（読み出し）は、従来の MRAM に用いられている磁気記憶素子と同様にして行うことができる。

即ち、記憶層 13 の磁化 M の向きと磁化固定層 15 の磁化 M3 の向きとが平行（同じ向き）の関係にあるか、反平行（反対向き）の関係にあるかによって、トンネル絶縁膜 14 を流れるトンネル電流に対する抵抗が変化するので、この抵抗値又は電流値によって、記憶層 13 に記録された磁化情報を検出することができ

る。

#### 【0038】

上述の本実施の形態の磁気記憶素子10によれば、遷移金属を主成分とする第1の磁性層11と、希土類金属を主成分とする第2の磁性層12とを直接積層して成り、かつ室温状態で第2の磁性層12の磁化M2が第1の磁性層11の磁化M1よりも大きい構成の記憶層13を有することにより、記憶層13を加熱して記憶層13全体の磁化Mを室温状態よりも小さくすれば、比較的小さい磁界によっても記憶層13全体の磁化Mの向きを変えることが可能になる。

#### 【0039】

そして、記憶層13に対して、トンネル絶縁層14を介して磁化固定層15が配置されているため、記憶層13を加熱して記憶層13全体の磁化Mを非常に小さくすれば、遷移金属を主成分とする第1の磁性層11と磁化固定層15との間に磁気結合を発生させて、磁界を印加しなくても、第1の磁性層11の磁化M1と磁化固定層15の磁化M3とを同じ向きにすることができる。

#### 【0040】

これにより、記憶層13の上に配置した抵抗加熱部21を発熱させて記憶層13を加熱するだけで、第2の配線23に流れる電流からの電流磁界を発生させなくても、第1の磁性層11の磁化M1と磁化固定層15の磁化M3とを同じ向きにすることができる。

従って、第2の配線23に流す電流の向きを、第1の磁性層11の磁化M1と磁化固定層15の磁化M3とを反対の向きにするような電流磁界を発生させる向きだけ、即ち一方の向きだけにすることが可能になるため、第2の配線23に電流を流す駆動回路を簡略化することができる。

#### 【0041】

そして、マトリクス状に直交配置させたそれぞれ複数本の第1の配線22及び第2の配線23の交点に、本実施の形態の磁気記憶素子10を配置することにより、MRAM等の磁気記憶装置を構成することができる。

#### 【0042】

このように磁気記憶装置を構成した場合、通常のMRAMと同様に、磁気記憶

素子 10 の記憶層 13 に電流磁界を印加する第 2 の配線 23 に対して両方の向きに電流を流す構成としたときには、電流を流す第 1 の配線 22 及び第 2 の配線 23 を選定し、かつ第 2 の配線に流す電流の向きを選定することにより、多数の磁気記憶素子 10 の中から任意の磁気記憶素子 10 を選択して、「0」又は「1」の情報を記録することができる。

#### 【0043】

これに対して、上述の本実施の形態で説明したように、磁化固定層 15 との磁気結合を利用して、第 2 の配線 23 に流す電流の向きを一方だけにする構成としたときには、上述の方法によって任意の磁気記憶素子 10 を選択して、「0」或いは「1」の任意の情報を記録することが不可能になる。

この構成において、任意の情報を記録するためには、例えば次のような方法を採用する。

ここで、例えば第 2 の配線 23 に電流を流して電流磁界を発生させることによって「0」の情報が記録され、磁化固定層 15 との磁気結合を発生させることによって「1」の情報が記録されるとして説明する。

「0」の情報を記録するためには、選択したい磁気記憶素子 10 に対応する第 1 の配線 22 及び第 2 の配線 23 に電流を流す。このとき、第 1 の配線 22 に流す電流の量は、比較的小さくする。これにより、選択したい磁気記憶素子 10 にだけ加熱と電流磁界の印加の両方が行われて、「0」の情報が記録される。加熱だけが行われた磁気記憶素子 10 や、電流磁界の印加だけが行われた磁気記憶素子 10 では、記憶層 13 の磁化が変化せず、例えば「1」の情報が記録されていればそのまま保持される。

「1」の情報を記録するためには、選択したい磁気記憶素子 10 に対応する第 1 の配線 22 に電流を流す。このとき、第 1 の配線 22 に流す電流の量は、比較的大きくして磁化固定層 15 との磁気結合が作用する温度に記憶層 13 を加熱する。これにより、選択したい磁気記憶素子 10 と、同じ第 1 の配線 22 に対応する磁気記憶素子 10 とにおいて、磁気結合が作用して、「1」の情報が記録される。このままでは、同じ第 1 の配線 22 に対応する磁気記憶素子に全て「1」の情報が記録されてしまうため、予め同じ第 1 の配線に対応する磁気記憶素子 10

に記憶された情報の内容を読み取って別の場所（例えば他の記憶媒体や同じ磁気記憶装置の空いている磁気記憶素子）に記憶しておき、「0」の情報が記憶されていた磁気記憶素子10に対しては、第1の配線22の電流を停止して磁気記憶素子10が冷却される過程において、その素子10に対応する第2の配線23に電流を流して電流磁界を印加して「0」の情報に記録しなおせばよい。

#### 【0044】

ここで、本実施の形態の磁気記憶素子10における、記憶層13の磁化状態の温度変化を測定するために、記憶層13を構成する第1の磁性層11及び第2の磁性層12の2層のみを成膜して、磁化の温度変化を調べた。

第1の磁性膜11として膜厚2 nmのCoFe膜を成膜し、その上に第2の磁性膜12として膜厚5 nmのGd膜を成膜して記憶層13を形成した。この記憶層13に対して、1 kOeの磁界を印加させながら、温度を変化させて記憶層13全体の磁化の変化を測定した。

#### 【0045】

測定結果を図6に示す。この図6は、記憶層13の全体の磁化について、室温状態の磁化量 $M_0$ を基準とした磁化量 $M_s$ の比率（ $M_s/M_0$ ）の温度 $T$ による変化を表している。

図6より、温度上昇により磁化量 $M_s$ が減少していき、140℃付近で磁化量 $M_s$ が最小でほぼ0になっていることが確認できる。即ち、反平行に配列した第1の磁性層（CoFe膜）11の磁化 $M_1$ と第2の磁性層（Gd膜）12の磁化 $M_2$ がこの温度において等しくなっていることが確認できる。

#### 【0046】

さらに、図2の構成の磁気トンネル接合素子16において、磁界 $H$ の大きさとトンネル抵抗 $R$ との関係を調べた。

図2に示した構成の磁気トンネル接合素子16の積層構造を成膜した後、これを長軸2  $\mu\text{m}$ ・短軸1  $\mu\text{m}$ の楕円形状に加工して、この素子16の長軸方向に磁界 $H$ を印加して、この磁界 $H$ の強度とトンネル絶縁膜14を通じて流れるトンネル電流のトンネル抵抗 $R$ の関係を測定した。そして、この測定を、それぞれ磁気トンネル接合素子16を、室温、125℃、175℃にした状態で行った。

## 【0047】

測定結果を図7A～図7Cに示す。図7Aは室温、図7Bは125℃、図7Cは175℃の温度における測定結果である。なお、図7A～図7Cにおいて、磁界Hは、磁化固定層15の磁化の向きと同じ向きのときを正、反対向きのときを負としている。

## 【0048】

ここで、図7A～図7Cの各図において、抵抗値Rの大きい状態から抵抗値Rの小さい状態に変化する過程で、抵抗値Rが最大値と最小値の平均値になるときの磁界Hの値を $H_f - H_c$ 、抵抗値Rの小さい状態から抵抗値Rの大きい状態に変化するときの同じく最大値と最小値の平均値になるときの磁界Hの値を $H_f + H_c$ とする。同様の測定を他の温度でも行って、各温度における $H_f$ と $H_c$ の値をとると図8のようになる。

$H_c$ は140℃付近で0となり、その正から負に変化する。 $H_f$ も140℃付近より低温では正、高温では負になっているが、 $H_f$ は140℃の前後で絶対値が大きくなっている。

## 【0049】

ここで、 $H_f$ の絶対値が $H_c$ の絶対値よりも大きくなる ( $|H_f| > |H_c|$ ) 温度範囲 (115℃～160℃程度) では、例えば図7Bに示す125℃の状態と同様に、磁界Hがない (即ち $H=0$ である) ときに抵抗値Rが小さい状態で磁化が安定する。

図2の構成の磁気トンネル接合素子16においては、通常の磁気トンネル接合素子と同様に、磁化固定層15の磁化 $M_3$ の向きとトンネル絶縁膜14に接する第1の磁性層 (遷移金属) 11の磁化 $M_1$ の向きが同じ (平行である) ときにトンネル抵抗値Rが小さくなり、反対向き (反平行) のときにトンネル抵抗値Rが大きくなる。

## 【0050】

つまり、115℃～160℃程度の温度範囲では、磁界Hを印加しなくても、トンネル抵抗値Rが小さい状態、即ち記憶層13の第1の磁性層 (遷移金属) 11の磁化 $M_1$ の向きが磁化固定層15の磁化 $M_3$ の向きと同じ (平行である) 状

態になっていることを示している。

即ちこの温度まで記憶層 13 を加熱してから冷却すれば、前述したように、磁界を印加しなくても記憶層 13 全体の磁化  $M$  の向きを、磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きと反平行にすることができる。

#### 【0051】

一方、この状態とは逆の方向に記憶層 13 全体の磁化  $M$  を向けるためには、前述したように、記憶層 13 に対する磁界  $H$  の影響がなくなる程度に加熱した状態で、磁界  $H$  を印加する。

上述の磁界  $H$  の影響がなくなる程度というのは、おおむね図 8 において  $|H_c| > |H_f|$  となる温度範囲である。

このとき、図 7 A から、記憶層 13 に  $H_f + H_c$  以上の磁界  $H$  を印加すればよいことがわかる。記憶層 13 を加熱することによって、室温状態と比較して  $H_f + H_c$  が小さくなるため、その分記録に必要な磁界  $H$  も小さくなる。

#### 【0052】

ところで、記録電流をさらに低減するために、記憶層 13 に印加する磁界  $H$  をもっと小さくしたい場合が考えられる。

そこで、記憶層 13 に電流を流し、この電流により発生する電流磁界によって記憶層 13 の磁化状態を変えるように構成する。

このように構成すれば、第 1 の磁性層 11 及び第 2 の磁性層 12 のそれぞれに電流磁場が作用するので、電流磁界をあまり大きくしなくても、また温度上昇により記憶層 13 全体の磁化（見かけ上の磁化） $M$  が小さくなっているとしても、記憶層 13 の各磁性層 11 及び 12 に有効に磁界を作用させることができる。

この記憶層 13 に流す電流により発生する電流磁界を利用して記憶層 13 の磁化状態を変える場合には、記憶層 13 の磁化容易軸方向の電流磁界を発生させるために、記憶層 13 の磁化困難軸方向に電流を流す必要がある。

従って、図 1 の磁気記憶素子 10 の抵抗加熱部 21 及び第 1 の配線 22 とは異なり、抵抗加熱部や電流を流す配線を記憶層 13 の磁化困難軸方向に配置することになる。例えば抵抗加熱部 21 を記憶層 13 の短軸方向（磁化困難軸方向）に配置した場合の磁気記憶素子の概略断面図を図 10 A に示し、例えば記憶層 13

に直接接続した配線 22 を記憶層 13 の短軸方向（磁化困難軸方向）に配置した場合の磁気記憶素子の概略断面図を図 10 B に示す。

#### 【0053】

このように、記憶層 13 に直接電流を流して電流磁界を印加したときの磁化の変化について調べた。

図 2 の構成の磁気トンネル接合素子 16 に対して、その記憶層 13 の短軸方向の端部に電極を取り付け、記憶層 13 に電流を流せるように構成した。

そして、あらかじめ外部からの磁界により、記憶層 13 全体の磁化  $M$  を磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きとは逆向きになるように初期化した（図 4 C と同じ状態）。

次に、第 1 の磁性層 11 に対して磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きとは逆向きの電流磁場が作用するようなパルス電流を流した後、磁化が反転したかどうか（図 4 A と同じ状態になったかどうか）をトンネル抵抗  $R$  によって確認した。これをパルス電流のパルス幅（時間）を同じにして電流値を変えて、それぞれ測定を行った。

この測定結果として、パルス電流値  $i$  に対する磁化の反転確率  $PR$  を図 9 に示す。この反転確率  $PR$  は 10 個の素子を各 10 回測定して反転した確率を示す。

#### 【0054】

図 9 より、パルス電流値  $i$  がおよそ 0.7 ~ 1.1 mA の範囲で確実な磁化反転が観測される。

なお、パルス電流値  $i$  が 1.3 mA 以上では磁化が反転していないが、これは電流値  $i$  が大きいと、素子温度がさらに上昇したことにより、前述した  $|H_c| < |H_f|$  の条件が満たされて、記憶層 13 の第 1 の磁性層（遷移金属層）11 の磁化  $M_1$  と磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  が同じ向きになり（図 4 B と同じ状態）、パルス電流の後冷却された室温状態においては、記憶層 13 全体の磁化  $M$  の向きと磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  が逆向きになる（図 4 C と同じ状態）ため、結果として初期状態と変化がないように見えるからである。

#### 【0055】

つまり、電流値の大小によって記憶層 13 に記録する情報を選択できることが

わかる。これにより、配線 22 に流す電流の向きを一方の向きのみとしても、電流値の大小だけで記録を行うことが可能になる。

#### 【0056】

ところで、MRAM のような磁気記憶装置において、磁気記憶素子を高密度に集積するためには、直交したマトリクス状に形成された配線の任意の交点にある磁気記憶素子を選択して、その磁化状態を変化させる必要がある。

しかしながら、図 10A 又は図 10B に示した構成の磁気記憶素子を採用した場合には、配線 22 に電流を流すだけで任意の磁気記憶素子を選択して記録しようとする、個々の磁気記憶素子の配線 22 を独立して駆動する必要があり、駆動回路が複雑になるため好ましくない。

#### 【0057】

そこで、マトリクス状に配置された磁気記憶素子の選択を容易に行うために、記憶層に電流を流す配線の他に、記憶層を加熱する配線を設ける方法が考えられる。

このように構成した磁気記憶素子の実施の形態を次に示す。

#### 【0058】

本発明の磁気記憶素子の他の実施の形態として、複数の配線を加熱手段として利用する磁気記憶素子の構造を図 11 に示す。図 11A は磁気記憶素子の長軸方向（即ち磁化容易軸方向）の断面図を示し、図 11B は磁気記憶素子の短軸方向（即ち磁化困難軸方向）の断面図である。

本実施の形態においても、記憶層 13 を含む磁気トンネル接合素子 16 の構成は、先に図 1 に示した磁気記憶素子 10 の実施の形態と同様の構成になっている。

本実施の形態の磁気記憶素子 40 では、記憶層 13 に対して、長方形状に形成された記憶層 13 の短軸方向（磁化困難軸方向）に電流を流す配線 30 が直接接続されている。また、記憶層 13 の上方に少し間を置いて、かつ記憶層 13 の長軸方向（磁化容易軸方向）に平行に、記憶層 13 を加熱するための抵抗加熱部 27 が配置されている。この抵抗加熱部 27 には、配線 28 が接続されており、この配線 28 により抵抗加熱部 27 に電流が流れて発熱する。

また、図中 26 は、トランジスタ等の回路を搭載した半導体基板を示す。

#### 【0059】

本実施の形態の磁気記憶素子 40 では、抵抗加熱部 27 が記憶層 13 と接触せず、少し間を置いて形成されているため、記憶層 13 に対する抵抗加熱部 27 からの磁界の影響は小さくなる。従って、抵抗加熱部 27 は記憶層 13 に対する磁界印加手段とはならず、もっぱら加熱手段として作用する。

一方、記憶層 13 に配線 30 が直接接続されていることにより、この配線 30 に電流を流したときには、電流により記憶層 13 を加熱することができると共に、記憶層 13 の各磁性層 11, 12 に対して電流の向きに対応した磁界を印加することができる。即ち配線 30 は、加熱手段兼磁界印加手段として作用する。

#### 【0060】

そして、本実施の形態の磁気記憶素子 40 を縦横にマトリクス状に配置して、抵抗加熱用の配線 28 及び記憶層 13 に電流を流すための配線 30 のそれぞれを同じ列又は同じ行の磁気記憶素子 40 同士で結合して、磁気記憶装置を構成することができる。これにより、2つの配線 28 及び 30 の交点にある磁気記憶素子 40 の選択を容易に行うことが可能な磁気記憶装置を構成することができる。

#### 【0061】

次に、本実施の形態の磁気記憶素子 40 に対して情報を記録する方法を、図 11 及び図 12 を参照して説明する。

ここで、記憶層 13 全体の磁化が磁化固定層 15 の磁化と同じ向きである状態で「0」の情報が記録され、逆向きである状態で「1」の情報が記録されるとする。

また、配線 30 から記憶層 13 に流す電流の向きは、記憶層 13 に対して、磁化固定層 15 の磁化とは反対の向きに電流磁界を印加するような向きとする。

#### 【0062】

まず、図 12 の左側に示すように、抵抗加熱部 27 に流すパルス電流 P1 の方が記憶層 13 に流すパルス電流 P2 よりも先の場合には、パルス電流 P1 により抵抗加熱部 27 に電流が流れて抵抗加熱部 27 からの加熱が先に行われる。そして、パルス電流 P2 により加熱及び磁界の印加が行われる。

パルス電流 P 1 により抵抗加熱部 27 からの加熱がなされて温度が上昇し、さらに加熱が行われた状態で磁界の印加が行われるため、温度が上昇して磁界の影響が小さくなり、いったん第 1 の磁性層 11 が磁化固定層 15 と磁気結合して、第 1 の磁性層 11 の磁化と磁化固定層 15 の磁化の向きが平行になる。

その後、パルス電流 P 1 の方が先に電流がなくなり、その状態でパルス電流 P 2 があるため、温度の低下時には配線 30 からの電流による電流磁界が印加されている。これにより、第 1 の磁性層（遷移金属層）11 の磁化が、電流磁界の向き即ち磁化固定層 15 の磁化と反対の向きになり、さらに室温状態に冷却されると、この第 1 の磁性層 11 の磁化とは反対の向きの第 2 の磁性層 12 の磁化が強くなるため記憶層 13 全体の磁化は磁化固定層 15 の磁化と同じ向きの状態になる。

このようにして、「0」の情報が記録される。

#### 【0063】

一方、図 12 の右側に示すように、抵抗加熱部 27 に流すパルス電流 P 1 の方が記憶層 13 に流すパルス電流 P 2 よりも後の場合には、パルス電流 P 2 により加熱及び磁界の印加が行われ、さらにパルス電流 P 1 による加熱が行われる。

パルス電流 P 2 により加熱がなされて温度が上昇し、さらにパルス電流 P 1 による加熱が行われるため、温度が上昇して磁界の影響が小さくなり、いったん第 1 の磁性層 11 が磁化固定層 15 と磁気結合して、第 1 の磁性層 11 の磁化と磁化固定層 15 の磁化の向きが平行になる。

その後、パルス電流 P 2 の方が先に電流がなくなり、その状態でパルス電流 P 1 があるため、温度の低下時には配線 30 からの電流による電流磁界が印加されていない。これにより、第 1 の磁性層（遷移金属層）11 の磁化が磁化固定層 15 の磁化と同じ（平行の）向きのままであり、さらに室温状態に冷却されると、この第 1 の磁性層 11 の磁化とは反対の向きの第 2 の磁性層 12 の磁化が強くなるため記憶層 13 全体の磁化は磁化固定層 15 の磁化とは反対の向きの状態になる。

このようにして、「1」の情報が記録される。

#### 【0064】

従って、2つのパルス電流P1及びP2の時間をずらすことにより、いずれのパルス電流P1或いはP2を先にするかに対応して、記憶層13の磁化の向きを変化させることができ、その結果として「0」の情報或いは「1」の情報を記録することができる。

#### 【0065】

上述の本実施の形態の磁気記憶素子40によれば、記憶層13の磁化状態を、配線30に流す一方の向きの電流のみで変えることができる。

これにより、配線30の両方の向きに電流を流す場合と比較して、配線30の両端に供給する電位の組み合わせの数を低減することができる。例えば一方が高電位及び両方が同電位の状態にするだけですみ、一方が低電位で他方が高電位の状態にする必要がなくなる。

従って、磁気記憶素子40を多数集積して磁気記憶装置を構成したときに、配線30に電流を流す駆動回路を簡素化することができ、高密度に集積しやすくなる。

#### 【0066】

また、配線30から記憶層13に直接電流を流して電流磁界を印加することにより、電流磁界が記憶層13に効率的に作用するため、図1のように記憶層13から離れた配線23から電流磁界を印加する場合と比較して、より小さい記録電流で記録することが可能になる。

そして、配線30から記憶層13に流した電流により、記憶層13を加熱して温度上昇させることができるため、記憶層13の保磁力が室温状態と比較して小さくなった状態で電流磁界を印加することから、記録に必要な電流磁界を小さくことができ、この観点からも、小さい記録電流で記録することが可能になる。

#### 【0067】

さらに、配線30から記憶層13に直接電流を流して記憶層13を加熱すると共に、配線28から抵抗加熱部27に電流を流して記憶層13を加熱するので、それぞれ複数本ある配線30及び配線28の中から選択することにより、マトリクス状に多数配置された磁気記憶素子に対して、任意の位置の磁気記憶素子に対

して、容易に選択記録を行うことができる。

#### 【0068】

上述の実施の形態では、2つの配線28、30に流すパルス電流P1、P2のタイミングをずらして、これらの順序を変えて情報の記録を行ったが、本発明ではその他の方法により磁気記憶素子の記憶層に記録を行うこともできる。その場合の実施の形態を次に示す。

#### 【0069】

本発明の磁気記憶素子のさらに他の実施の形態の概略構成図を図13に示す。図13に示すように、磁気記憶素子50の第1の磁性層11及び第2の磁性層12から成る記憶層13にパルス電流 $I_p$ を流し、このパルス電流 $I_p$ によって発生する電流磁界 $H$ を用いて、記憶層13に対して磁界を印加する。

パルス電流 $I_p$ の向きは、記憶層13の第1の磁性層（遷移金属層）11に対して、電流磁界 $H$ が磁化固定層15の磁化 $M_3$ の向きと反対の向きに作用するように設定する。

このように記憶層13にパルス電流 $I_p$ を流すための構成としては、図11Bの配線30と同様に、記憶層13の短軸方向（磁化困難軸方向）に直接配線を接続し、駆動回路から配線にパルス電流 $I_p$ を流すようにすればよい。配線から記憶層13に直接電流を流して電流磁界を印加すれば、電流により加熱して温度上昇させて、記憶層13の保磁力が小さくなった状態で電流磁界を印加することから、記録に必要な電流磁界を小さくすることができ、小さい記録電流で記録することが可能になる。

#### 【0070】

記憶層13の温度と $H_c$ 、 $H_f$ との関係は、先に図8に示したような傾向があり、温度上昇により、 $H_c$ が減少する一方で $H_f$ が増加して、ある温度 $T_x$ まで上昇すると $H_f > H_c$ となる。

そして、記憶層13に直接配線を接続し、電流を流していくと、図14に示すように、経過時間がある時間 $t_x$ 経過したとき、上述の $H_f > H_c$ となる温度 $T_x$ に達し、その後温度上昇が鈍くなって、ある温度付近で飽和する。

#### 【0071】

本実施の形態の磁気記憶素子 50 では、この図 14 に示す変化を利用して、図 15 に示すように、パルス電流  $I_p$  のパルス幅（時間）を時間  $t_x$  より長くする、或いは短くすることにより、以下のように情報の記録を行う。

#### 【0072】

ここで、記憶層 13 全体の磁化が磁化固定層 15 の磁化と同じ向きである状態で「0」の情報が記録され、逆向きである状態で「1」の情報が記録されるとする。

まず、パルス電流  $I_p$  のパルス幅を時間  $t_x$  よりも短くしたときには、記憶層 13 の温度は  $T_x$  未満までしか上がらず、その状態でパルス電流  $I_p$  による電流磁界  $H$  が記憶層 13 に印加される。これにより、電流磁界  $H$  の影響によって、第 1 の磁性層 11 の磁化  $M_1$  の向きが、磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きとは反平行となる。そして、パルス電流  $I_p$  が終了することにより、記憶層 13 が室温状態に冷却されると、この第 1 の磁性層 11 の磁化  $M_1$  とは反対の向きの第 2 の磁性層 12 の磁化  $M_2$  が強くなるため記憶層 13 全体の磁化は磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  と同じ向きの状態になる。

このようにして、「0」の情報が記録される。

#### 【0073】

一方、パルス電流  $I_p$  のパルス幅を時間  $t_x$  よりも長くしたときには、記憶層 13 の温度は  $T_x$  以上まで上がり、その状態でパルス電流  $I_p$  による電流磁界  $H$  が記憶層 13 に印加される。これにより、電流磁界  $H$  の影響よりも磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  との磁気結合が強くなるため、第 1 の磁性層 11 の磁化  $M_1$  の向きが、磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  の向きとは平行となる。そして、パルス電流  $I_p$  が終了することにより、記憶層 13 が室温状態に冷却されると、この第 1 の磁性層 11 の磁化  $M_1$  とは反対の向きの第 2 の磁性層 12 の磁化  $M_2$  が強くなるため記憶層 13 全体の磁化は磁化固定層 15 の磁化  $M_3$  と反平行の状態になる。

このようにして、「1」の情報が記録される。

#### 【0074】

従って、パルス電流  $I_p$  のパルス幅（時間）を  $t_x$  より長く、或いは  $t_x$  より短くすることにより、記憶層 13 の磁化の向きを変化させることができ、その結

果として「0」の情報或いは「1」の情報を記録することができる。

#### 【0075】

上述の本実施の形態の磁気記憶素子によれば、先の実施の形態と同様に、記憶層13の磁化状態を、一方の向きの電流 $I_p$ のみで変えることができる。

これにより、電流 $I_p$ を流すための配線の両端に供給する電位の組み合わせの数を、配線の両方向に電流を流す場合と比較して、低減することができる。

従って、磁気記憶素子を多数集積して磁気記憶装置を構成したときに、駆動回路等を簡素化することができ、高密度に集積しやすくなる。

#### 【0076】

本実施の形態の磁気記憶素子においても、記憶層13に直接接続した配線から電流を流して記憶層13を加熱すると共に、さらに図11Aに示したと同様にこの配線と直交する他の配線に電流を流して記憶層13を加熱する構成とすれば、直交する2種類の配線のそれぞれ複数本の中から電流を流す配線を選択することにより、マトリクス状に多数配置された磁気記憶素子に対して、任意の位置の磁気記憶素子に選択的に記録を行うことができる。

#### 【0077】

なお、上述の各実施の形態の磁気記憶素子において、記憶層13と磁化固定層15との間に、トンネル絶縁層14の代わりにCu層等の非磁性導体層を用いて、巨大磁気抵抗効果素子（GMR素子）を構成し、この巨大磁気抵抗効果素子の巨大磁気抵抗効果によって、記憶層13と磁化固定層15の相対的な磁化を読み出すことも可能である。

トンネル絶縁膜14を用いた磁気トンネル接合素子16を構成した方が、抵抗変化率が大きいので、磁化の検出が容易になり、磁気記憶素子や磁気記憶装置の簡略化に有効である利点を有する。

#### 【0078】

本発明は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲でその他様々な構成が取り得る。

#### 【0079】

##### 【発明の効果】

上述の本発明によれば、加熱により室温状態と比較して小さい磁界により記憶層に対して記録を行うことが可能になる。また、室温状態では加熱時よりも記憶層の磁化が大きく保磁力が大きくなり、記録した情報が安定して保持される。

さらに、記憶層を加熱して温度上昇させることにより、磁化固定層と第1の磁性層との間に磁気結合を作用させれば、記憶層を加熱するだけで記憶層に磁界を印加しなくても、記憶層に一方の向きの磁化状態を記録することが可能になる。

従って、記憶層に他方の向きの磁化状態を記録するときだけ、記憶層に磁界を印加させればよく、記憶層に印加する磁界を一方の向きの磁界だけにすることができる。これにより、記憶層に磁界を印加する手段の構成を簡略化することができる。

#### 【0080】

さらに、本発明の磁気記憶装置によれば、磁気記憶素子の記憶層に電流磁界を印加する配線に電流を流して記憶層に一方の向きの磁化状態を記録し、この配線に電流を流さなくても記憶層に他方の向きの磁化状態を記録することができるため、配線に流す電流を一方の向きの電流だけにすることができる。これにより、配線に両方の向きの電流を流す場合と比較して、配線の両端に供給する電位の組み合わせを低減することができ、配線に電流を流す駆動回路を簡略化することができる。これにより、磁気記憶装置の構成を簡略化して、容易に高密度化を図ることが可能になる。

#### 【0081】

特に、本発明の磁気記憶装置において、配線を記憶層に電氣的に接続し加熱手段を兼ねる構成としたときには、記憶層に効率良く電流磁界を作用させることができるため、より小さい電流で記録することが可能になる。

また、磁気記憶素子に対して配線の他にさらに第2の配線を設け、これら配線及び第2の配線により加熱手段を構成したときには、配線及び第2の配線を選択することにより任意の磁気記憶素子を選択して記録を行うことができ、容易に選択記録を行うことが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の磁気記憶素子の一実施の形態の概略構成図である。

【図 2】

図 1 の磁気トンネル接合素子付近の詳細な断面図である。

【図 3】

A ~ D 本発明の磁気記憶素子の記憶層の磁化状態の温度変化を示す図である。

【図 4】

A ~ C 本発明の磁気記憶素子に対する記録動作を説明する図である。

【図 5】

D、E 本発明の磁気記憶素子に対する記録動作を説明する図である。

【図 6】

記憶層の磁化量の室温状態の磁化量との比の温度変化を示す図である。

【図 7】

図 2 の磁気トンネル接合素子に印加した磁界の強度とトンネル抵抗との関係を測定した結果を示す図である。

A 室温状態の測定結果である。

B 125℃にした状態の測定結果である。

C 175℃にした状態の測定結果である。

【図 8】

図 2 の磁気トンネル接合素子において、各温度における  $H_f$  と  $H_c$  の値を示す図である。

【図 9】

図 2 の磁気トンネル接合素子に対してパルス電流を流して、パルス電流値に対する磁化の反転確率を測定した結果を示す図である。

【図 10】

A、B 記憶層に直接電流を流して電流磁界を印加する構成とした磁気記憶素子の概略断面図である。

【図 11】

本発明の磁気記憶素子の他の実施の形態の概略構成図である。

A 磁気記憶素子の長軸方向（磁化容易軸方向）の断面図である。

B 磁気記憶素子の短軸方向（磁化困難軸方向）の断面図である。

【図 1 2】

図 1 1 の磁気記憶素子に対して情報を記録する方法を説明する図である。

【図 1 3】

本発明の磁気記憶素子のさらに他の実施の形態の概略構成図である。

【図 1 4】

記憶層に直接配線を接続して電流を流したときの、経過時間と記憶層の温度との関係を示す図である。

【図 1 5】

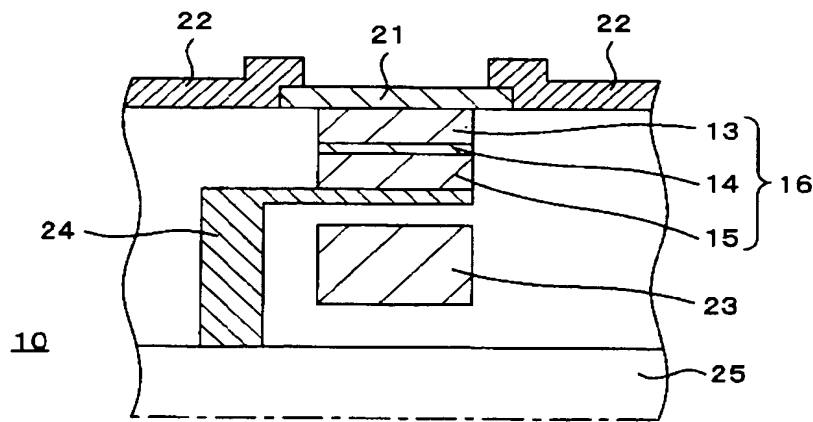
図 1 4 の磁気記憶素子に対して情報を記録する方法を説明する図である。

【符号の説明】

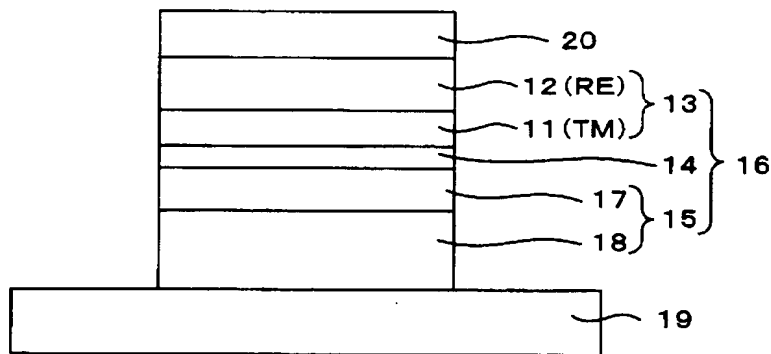
1 0, 4 0, 5 0 磁気記憶素子、1 1 第 1 の磁性層、1 2 第 2 の磁性層、  
1 3 記憶層、1 4 トンネル絶縁層、1 5 磁化固定層、1 6 磁気トンネル  
接合素子、1 7 強磁性層、1 8 反強磁性層、2 1, 2 7 抵抗加熱部、2 8  
, 3 0 配線、P 1, P 2, I p パルス電流

【書類名】 図面

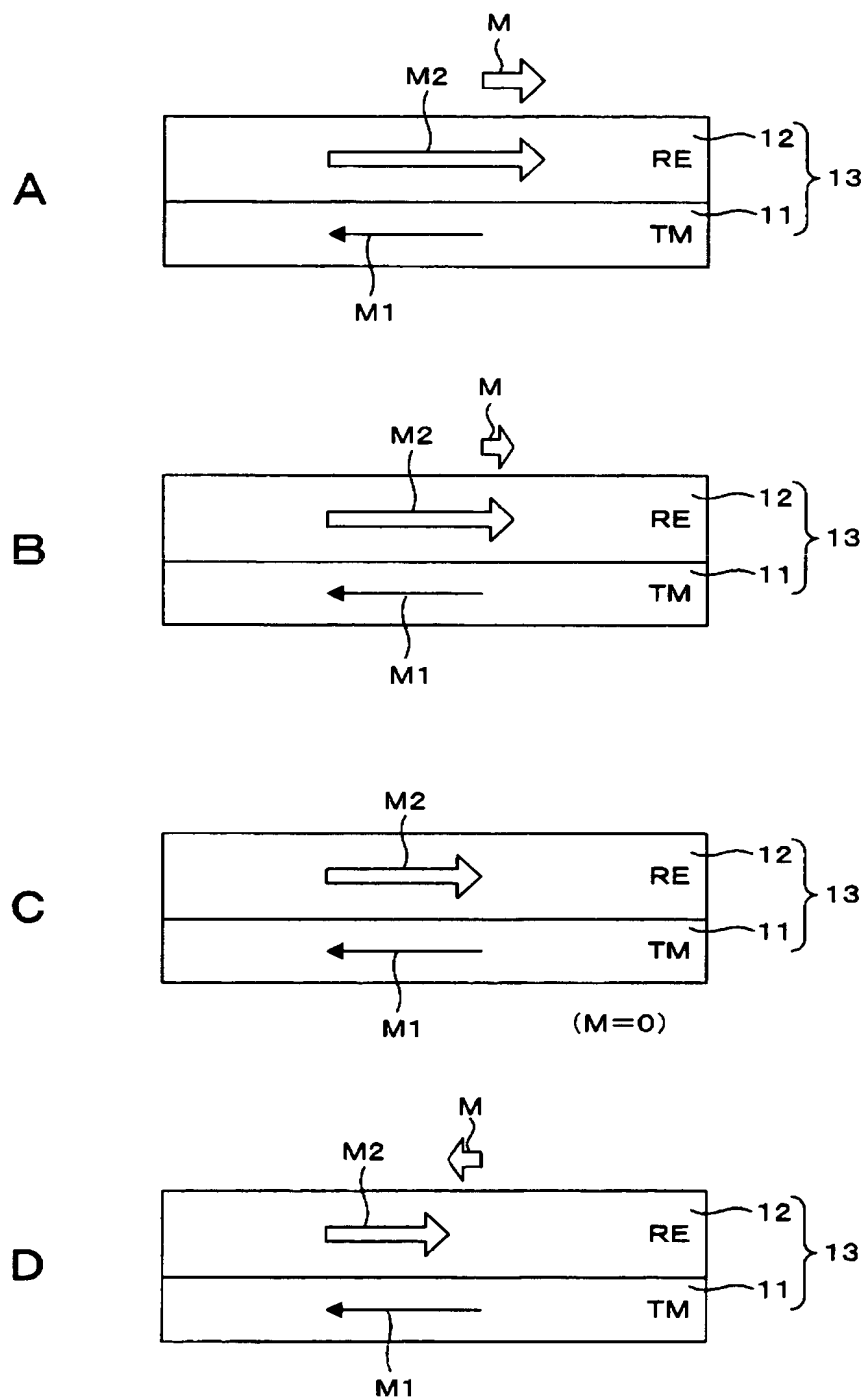
【図 1】



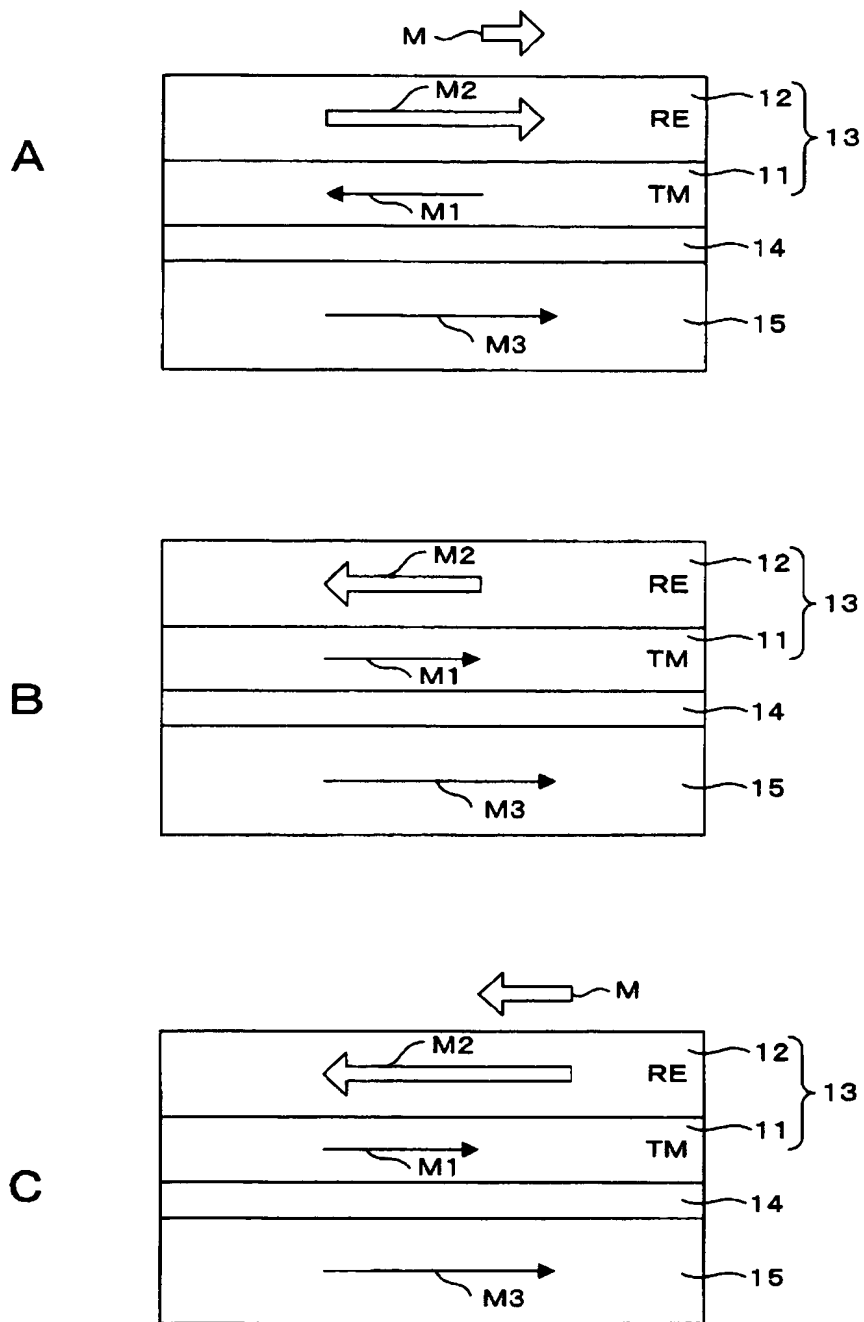
【図 2】



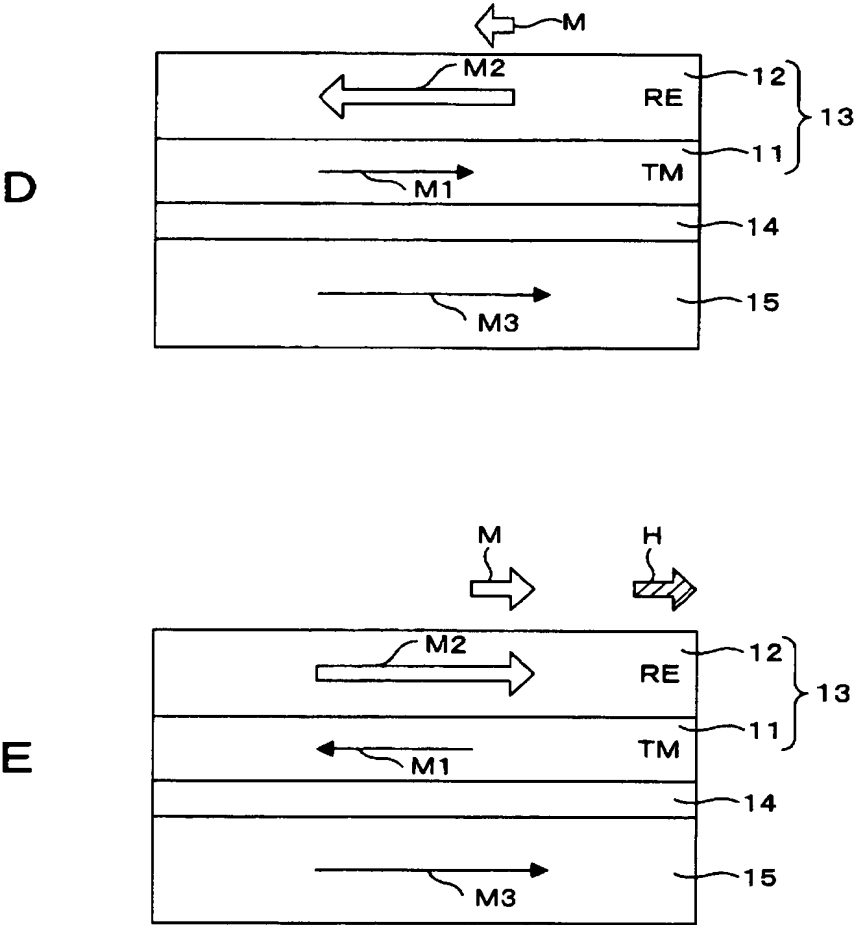
【図 3】



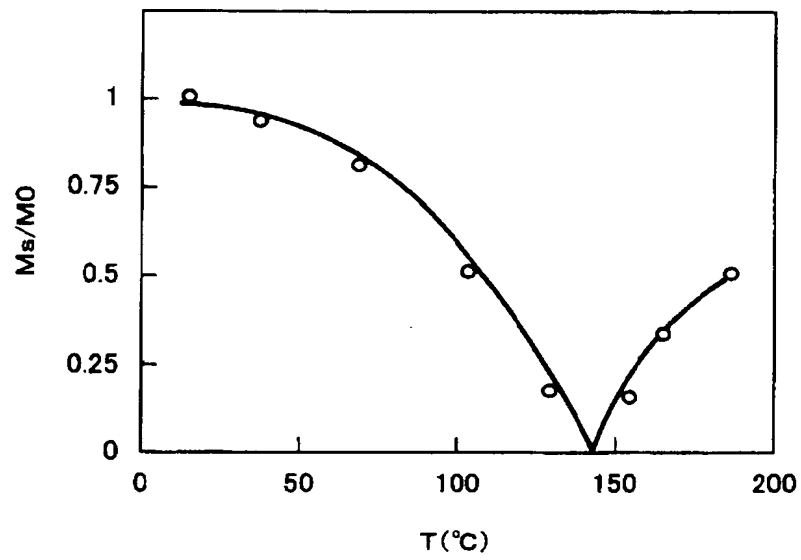
【図 4】



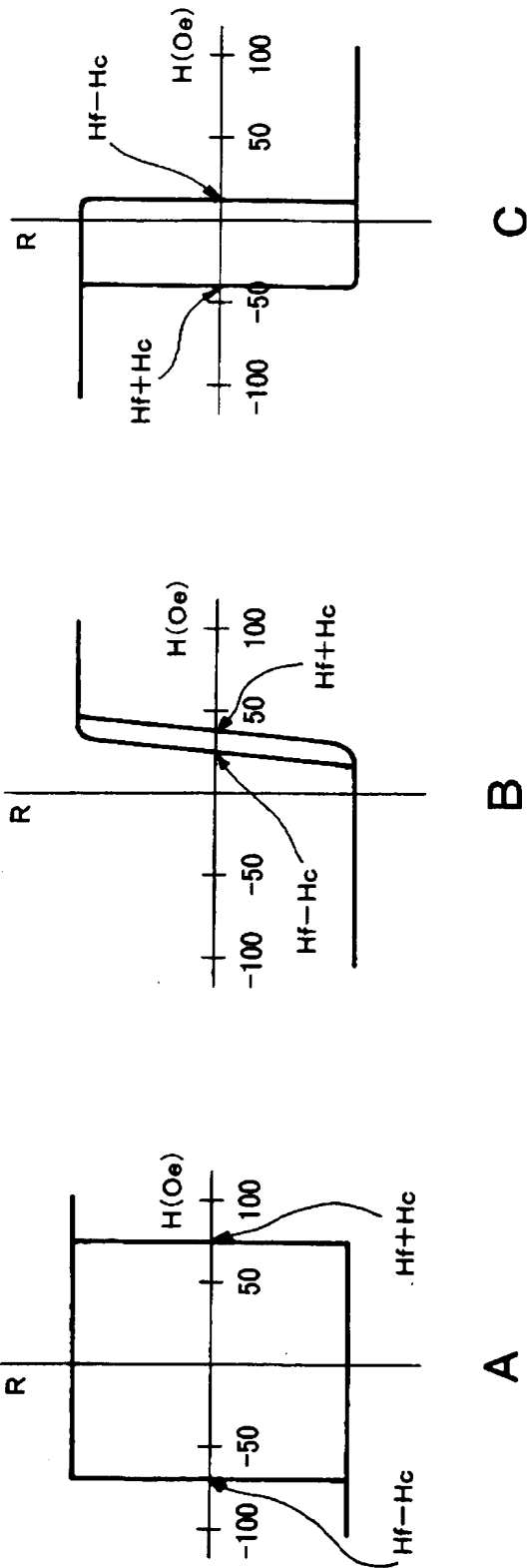
【図 5】



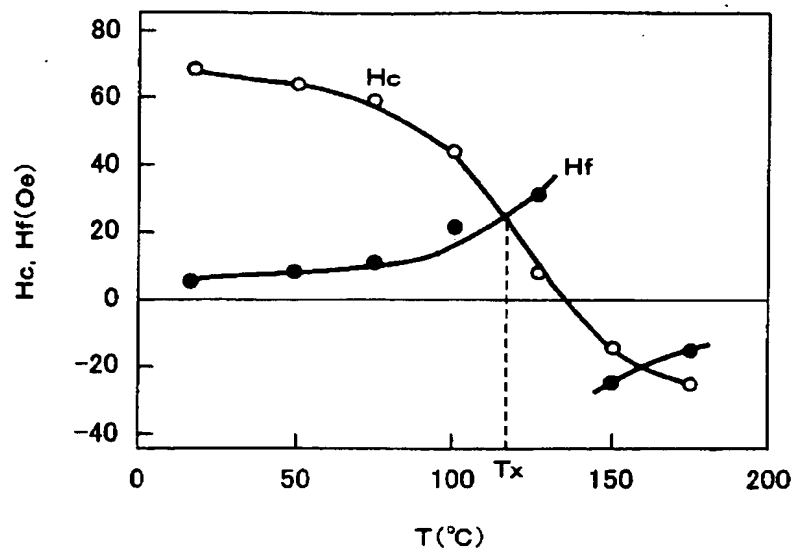
【図 6】



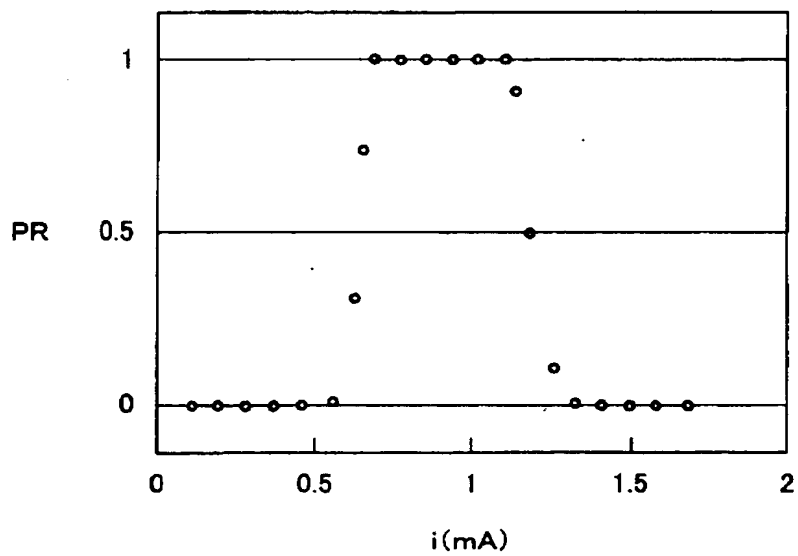
【図 7】



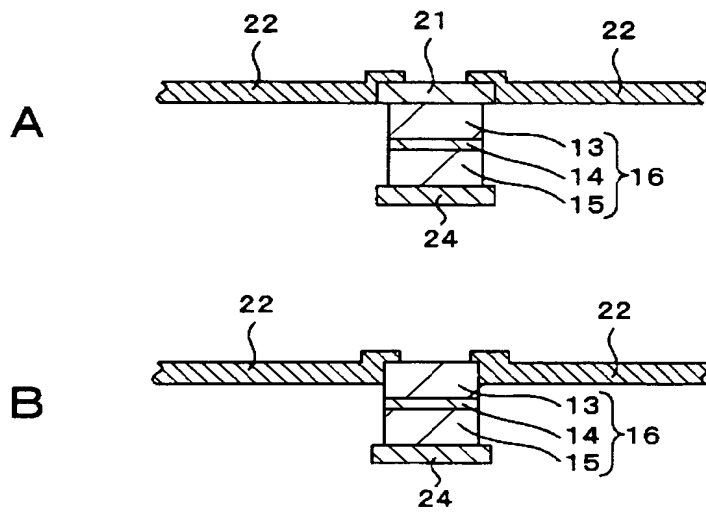
【図 8】



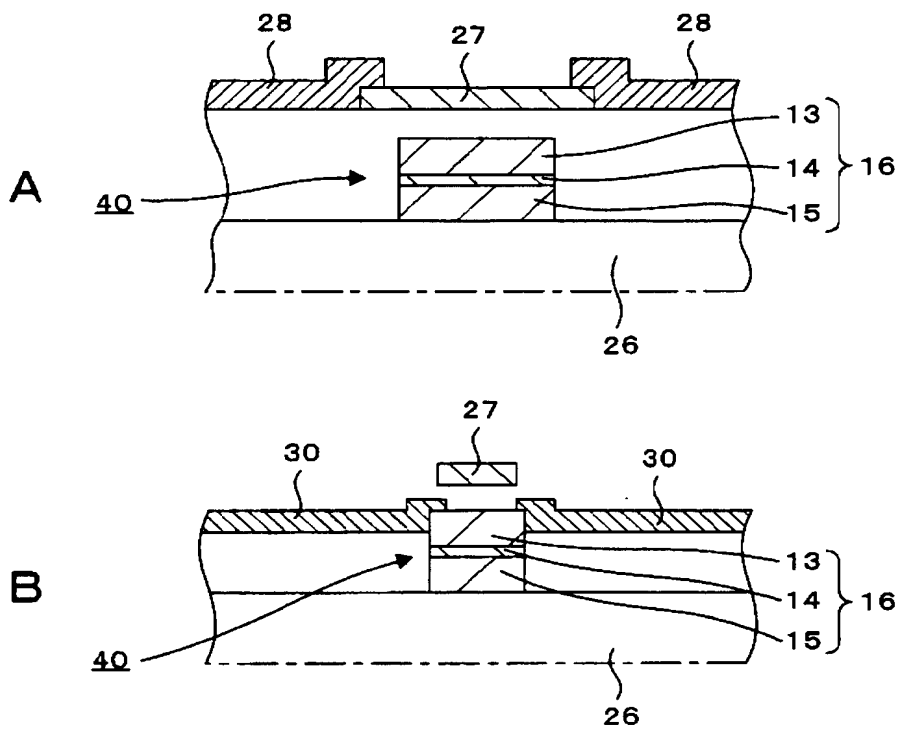
【図 9】



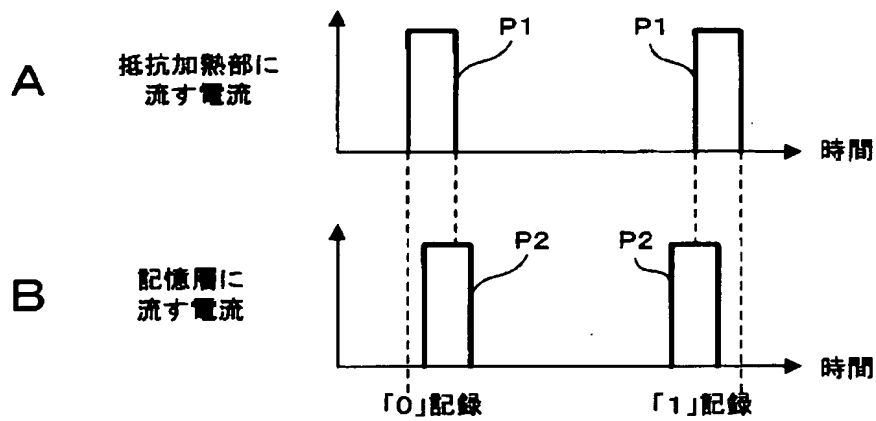
【図 10】



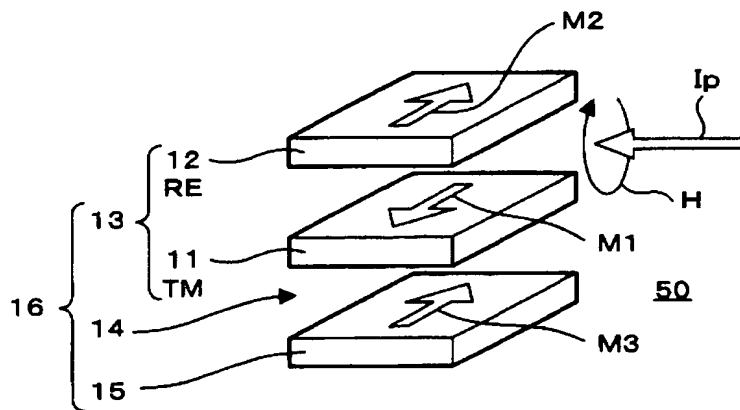
【図 11】



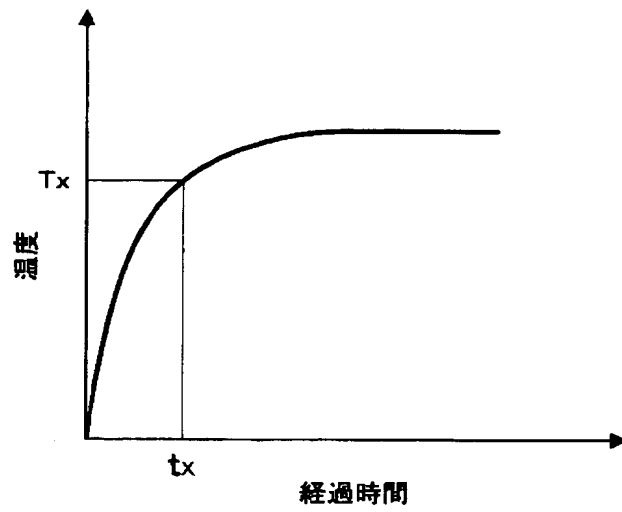
【図 12】



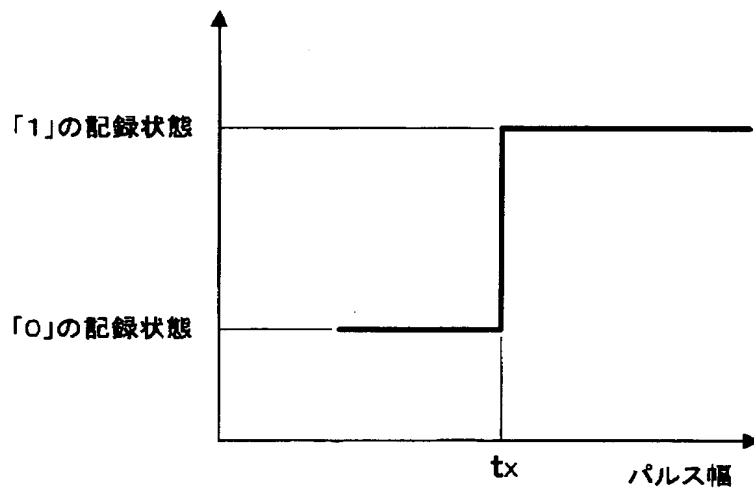
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小さい磁界で記録することができ、情報を安定して保持することができる磁気記憶素子及びその記録方法、並びにこの磁気記憶素子を備えて駆動回路を簡略化することができる磁気記憶装置を提供する。

【解決手段】 記憶層 13・非磁性層 14・磁化固定層 15が積層されて成り、記憶層 13が遷移金属 TM を主成分とする第 1 の磁性層 11 と、希土類金属 RE を主成分とする第 2 の磁性層 12 とが直接積層されて構成され、室温状態において第 1 の磁性層 11 の磁化の量が第 2 の磁性層 12 の磁化の量よりも小さい磁気記憶素子を構成する。また、この磁気記憶素子の記憶層に対して、加熱と磁界印加により一方の向きの磁化状態を記録し、加熱により第 1 の磁性層及び磁化固定層に磁気結合を作用させて他方の向きの磁化状態を記録する。さらに、この磁気記憶素子と、記憶層と磁化固定層との相対磁化を読み出す手段と、記憶層に対して一方の向きの電流磁界を印加する配線と、記憶層を加熱する加熱手段とを備えた磁気記憶装置を構成する。

【選択図】 図 2

## 認定・付加情報

|         |                   |
|---------|-------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2002-333801    |
| 受付番号    | 50201739356       |
| 書類名     | 特許願               |
| 担当官     | 第七担当上席 0096       |
| 作成日     | 平成 14 年 11 月 19 日 |

## &lt; 認定情報・付加情報 &gt;

## 【特許出願人】

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| 【識別番号】   | 000002185               |
| 【住所又は居所】 | 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 |
| 【氏名又は名称】 | ソニー株式会社                 |

## 【代理人】

申請人

|          |  |
|----------|--|
| 【識別番号】   | 100122884                                |
| 【住所又は居所】 | 東京都新宿区西新宿 1 丁目 8 番 1 号 新宿ビル<br>信友国際特許事務所 |

|          |       |
|----------|-------|
| 【氏名又は名称】 | 角田 芳末 |
|----------|-------|

## 【選任した代理人】

|          |  |
|----------|--|
| 【識別番号】   | 100113516                              |
| 【住所又は居所】 | 東京都新宿区西新宿 1 丁目 8 番 1 号 新宿ビル<br>松隈特許事務所 |

|          |       |
|----------|-------|
| 【氏名又は名称】 | 磯山 弘信 |
|----------|-------|

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 3 3 8 0 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社